
بسم الله الرحمن الرحيم

شرح جامع

ژنتیک

«مهندسی کشاورزی»

(بیوتکنولوژی در کشاورزی– اصلاح نباتات)

مولف: مجتبی مرتضوی

انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس(منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان و داوطلبان عزیز را پوشش می‌دهد. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشـــــر

www.arshadbook. ir

پیشگفتار مولف

علم ژنتیک در اواخر قرن نوزدهم با آزمایشات مندل در گیاه نخودفرنگی آغاز گردید. این علم با آزمایشات فراوانی که بر روی مگس سرکه و گیاه ذرت انجام گرفت توسعه بسیار وسیعی پیدا نمود بطوری که از پایه‌ای‌ترین علوم بیولوژی به شمار می‌آید. امروزه این علم به شاخه‌های مختلفی تقسیم شده است. با توجه به اهمیت این دانش، وجود کتابی که بتواند مورد استفاده دانشجویان بخصوصی دانشجویان رشته کشاورزی قرار گیرد و بتواند آنها را در این زمینه یاری کند احساس می‌شد.

این کتاب علاوه بر سرفصل‌های مورد نیاز دارای توضیحات اضافه‌ای در بعضی از فصلها می‌باشد که دانشجویان را با مطالب جدید نیز آشنا می‌کند. در انتهای هر فصل نیز تست‌های کنکور کارشناسی ارشد سالهای گذشته مربوط به آن فصل به همراه پاسخ تشریحی آن فراهم شده است که در فهم بهتر مطالب آن فصل کمک می‌کند. این مجموعه برای اولین‌بار به چاپ می‌رسد و می‌تواند دارای نواقصی باشند که از دید نگارنده پنهان مانده است. نظریات و انتقادات خوانندگان و پژوهندگان عزیز باعث دلگرمی اینجانب و رفع آنها در چاپهای بعدی خواهد بود. نگاره از کلید عوامل انتشارات ارشد تشکر و قدردانی می‌نمایم.

با سپاس

مجتبی مرتضوی

۱۳۸۸

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: ژنتیک و وراثت

کروموزومها ۱۱
تقسیم سلول ۱۳
گامتوژنز ۱۸
خلاصه فصل ۲۱
تستهای آخر فصل ۲۲
پاسخ تستهای آخر فصل ۲۴

فصل دوم: اصول مندلی

اصل اول مندلی: اصل تفکیک صفات (PRINCIPLE OF SEGREGATION) ۲۹
علائم و اصلاحات ۳۰
اصل دوم مندلی ۳۴
بسط دوجمله‌ای ۳۸
تحلیل شجره نامه ۳۹
خلاصه فصل ۴۱
تستهای آخر فصل ۴۲
پاسخ تستهای آخر فصل ۴۵
پاسخ تستهای آخر فصل ۴۵

فصل سوم: واکنش متقابل بین ژنها

۱- نسبت‌های کلاسیک ۵۱
۲- غالبیت نسبی (SEMIDOMINANCE) ۵۱
۳- هم بارزی (CODOMINANCE) ۵۲
۴- دو جفت ژن یک خاصیت را کنترل می‌کنند ۵۲
۵- اپیستازی (EPISTASIS) ۵۲
۶- نفوذ (PENETRANCE) و بروز (EXPERESSIVITY) ژن ۵۶
خلاصه فصل ۵۸
تستهای آخر فصل ۵۹
پاسخ تستهای آخر فصل ۶۲

فصل چهارم: وراثت جنسیت و صفات وابسته به جنس

۱) مکانیسم‌های کروموزومهای جنسی ۶۷
۲) موازنه ژنتیکی ۶۸
۳) هاپلودیپلوئیدی ۶۹
۴) اثرات یک ژن منفرد ۶۹
۵) اثر محیط بر روی جنسیت ۷۰
۶) تعیین جنسیت در گیاهان ۷۰
۷) ژیناندرومورف‌ها (GYNANDROMORPH) ۷۰
۸) جبران مقداری (DOSAGE COMENSATION) ۷۱
۹) وراثت ژن‌های وابسته به جنس ۷۱
۱۰) تنوع صفات وابسته به جنس ۷۲

عنوان صفحه

۱۱) صفات متاثر از جنس (SEX-INLLUENCED TRIATS) ۷۳
۱۲) صفات محدود به جنسی (SEX LIMITED GENES) ۷۴
Xهای به هم چسبیده ۷۴
خلاصه فصل ۷۵
تستهای آخر فصل ۷۶
پاسخ تستهای آخر فصل ۷۹

فصل پنجم: پیوستگی ژنی کراسینگ اوور و نقشه کروموزومی

۱- پیوستگی ۸۵
۲- کراسینگ اورر ۸۵
۳- فراوانی نقاط تقاطع ۸۶
۴- کراسینگ اوررهای چندگانه ۸۸
۵- محدودیتهای نوترکیبی ۸۸
۶- ترسیم نقشه ژنتیکی ۸۸
۷- ترتیب ژن‌ها ۹۱
۸- نقشه فیزیکی و نقشه ژنتیکی ۹۱
۹- تداخل و انطباق ۹۱
۱۰- تحلیل تتراد در آسکومسیت‌ها ۹۲
۱۱- ترسیم نقشه نوترکیبی به وسیله تترادها ۹۴
خلاصه فصل ۹۶
تستهای آخر فصل ۹۷
پاسخ تستهای آخر فصل ۱۰۰

فصل ششم: تغییرات ساختمانی و تعدادی کروموزوم‌ها

تغییرات تعدادی کروموزوم‌ها ۱۰۵
۱)یوپلوئیدی ۱۰۵
۲) آنیوپلوئیدی ۱۰۸
گوناگونی در ساختار کروموزوم‌ها ۱۱۰
۱)جابجایی (ترانسلوکاسیون) ۱۱۱
۳) حذف (DELETION) ۱۱۵
۴) مضاعف شدن (DUPLICATION) ۱۱۶
۵) ایزوکروموزوم‌ها (ISOCHROMOSOME) ۱۱۷
۶) موزائیسم (MOSAISM) ۱۱۷
خلاصه فصل ۱۱۸
تستهای آخر فصل ۱۱۹
پاسخ تستهای آخر فصل ۱۲۲

فصل هفتم: نوترکیبی در باکتری‌ها – عوامل سیتوپلاسمی

۱- خصوصیات عمومی ۱۲۷
۲- نوترکیبی ژنتیکی در باکتری‌ها ۱۲۷
۳- عوامل سیتوپلاسمی ۱۳۱
۴- پلاسمید ۱۳۱

عنوان ..... صفحه
۵- ویروس‌ها ۱۳۱
۶- پلاسماژن‌ها ۱۳۳
خلاصه فصل ۱۳۴
تستهای آخر فصل ۱۳۵
پاسخ تستهای آخر فصل ۱۳۷

فصل هشتم: صفات کمی

۱- آللهای افزایشی: پایه تنوع پیوسته ۱۴۱
۲- تجزیه صفات کمی ۱۴۴
۳- صورت‌های مختلف عمل ژن ۱۴۴
۴- وراثت پذیری (HERITABILITY) ۱۴۵
۵- تحلیل همبستگی ۱۴۶
خلاصه فصل ۱۴۷
تستهای آخر فصل ۱۴۸
پاسخ تستهای آخر فصل ۱۴۹

فصل نهم: ژنتیک جمعیت

۱- فراوانی ژنی (GENE FREQUENCY) ۱۵۳
۲- حوضچه ژنتیکی (GENE POOL) ۱۵۴
۳- اصل تعادل هاردی – واینبرگ ۱۵۴
۴- آلل‌های چندگانه ۱۵۶
۵- فراوانی آلل‌های وابسته جنس ۱۵۷
۶- آمیزش‌های خویشاوندی ۱۵۷
۷- مهاجرت(MIGRATION) ۱۵۸
۸- جهش (MUTATION) ۱۵۸
۹- گزینش (SELECTION) ۱۵۹
گزینش در سطح گامت ۱۵۹
گزینش در سطح زیگوت ۱۶۰
۱۰- دریفت تصادفی (RANDOM DRIFT) ۱۶۱
خلاصه فصل ۱۶۳
تستهای آخر فصل ۱۶۴
پاسخ تستهای آخر فصل ۱۶۷

فصل دهم: ماده ژنتیکی و پروتئین ها

۱- ساختمان DNA ۱۷۳
۲- انواع مولکولهای DNA ۱۷۴
۳- Z-DNA ۱۷۶
۴- همانند سازی DNA ۱۷۶
ج: پریماز ۱۷۸
د) DNA پلیمراز ۱۷۸
۵- شروع همانند سازی ۱۷۸
۶- همانند سازی در یوکاریوتها ۱۷۹

عنوان ..... صفحه
۷- کروموزوم های یوکاریوتی ۱۸۰
۸- مولکولهای RNA ۱۸۴
۹- سنتز RNA (رونویسی TRANSCRIPTION ۱۸۴
۱۰- ساختار مولکول T RNA ۱۸۴
۱۱- سنتز RNA ۱۸۶
۱۲- طویل‌سازی رونویسی ۱۸۷
۱۳- خاتمه ۱۸۸
۱۴- شکسته‌شدن پیش‌سازه‌های TRNA و RRNA در پروکاریوت‌ها ۱۸۹
۱۵- رونویسی در یوکاریوتها ۱۸۹
۱۶- انواع RNA پلیمراز ۱۸۹
۱۷- کد ژنتیک ۱۹۰
۱۸- سنتز پروتئین ۱۹۰
۱۹- جهش موتاسیون ۱۹۱
۲۰- انواع جهش ها ۱۹۲
۲۱- منشا جهش ها ۱۹۲
خلاصه فصل ۱۹۵
تستهای آخر فصل ۱۹۶
پاسخ تستهای آخر فصل ۱۹۹

فصل یازدهم: مباحثی پیشرفته در ژنتیک

۱- (RESTRICTION FRAGMENT LENGTH POLYMER ORPHISM) ۲۰۵
۲- راه رفتن کروموزومی ۲۰۶
۳- هیبریداسیون در سیتو ۲۰۷
۴- چندشکلی قطعات قطعات DNA با تکثیر تصادفی (RAPD) ۲۰۷
۵- انگشت‌نگاری کلونی ۲۰۸
۶- نقاط نشانمند از توالی (STS) ۲۰۸
۷- کلون نمودن قطعات ویژه‌ای از ONA ۲۰۹
۸- بیان DNA مکمل حاصل از MRNA ۲۱۱
۹- فرستادن ژن‌های بیگانه به درون سلول ۲۱۳
۱۰- الکتروپوراسیون (ELECTROPORATION) ۲۱۳
۱۱- تفنگ ژنی (GENE GUNS) ۲۱۴
۱۲- SOUTHERN BLOTTING ۲۱۴
خلاصه فصل ۲۱۷
تستهای آخر فصل ۲۱۸
پاسخ تستهای آخر فصل ۲۲۰

منابع ماخذ ۲۲۲

فصل اول

ژنتیک و وراثت

عناوین اصلی

- کروموزوم‌ها
- تقسیم سلول
- گامتوژنز

فصل اول

ژنتیک و وراثت

ژنتیک یا علم وراثت، شاخه‌ای از علوم زیست‌شناسی است که به بحث درباره وراثت موجودات زنده و تنوع آنها می‌پردازد. واحدهای وراثتی که از نسلی به نسل دیگر انتقال می‌یابند و به ارث می‌رسند، ژن نامیده می‌شوند. هر ژن بخشی از مولکول بندی است که آن را DNA یا دزوکسی ریبونوکلئیک اسید (deoxyribonucleic acid) می‌نامند. ترکیب مولکول DNA با پروتئین‌ها، نوکلئوپروتئین (nucleoprotein) را ایجاد می‌کند که در ساختارهایی به نام کروموزوم (chromosome) و در هسته سلول سازمان می‌یابد. از این رو، رفتار ژن‌ها شبیه رفتار کروموزوم‌هایی است که از آن ژن‌ها ساخته شده‌اند. هر ژن، دارای اطلاعات رمزشده‌ای برای سنتز پروتئین یا یک نوع مولکول RNA خاص (tRNA، rRNA و ...) می‌باشد. مولکول DNA معمولاً پایدار و باثبات بوده و دارای توانایی همانندسازی می‌باشد. در بعضی مواقع، ممکن است در بخشی از مولکول DNA، تغییری و آسیبی رخ دهد. این تغییر، که جهش (mutation) نامیده می‌شود، اطلاعات رمز شده DNA را تغییر داده و ممکن است به سنتز پروتئین، غیرفعال، عدم سنتز پروتئین یا تغییر مولکولهای RNA سنتز شده بیانجامد. نتیجه نهایی، جهش، بصورت تغییر در شکل ظاهری جاندار یا صفات او مشاهده می‌شود. یک ژن ممکن است دارای یک یا چند شکل باشد. به این اشکال مختلف ژن که ممکن است در اثر جهش ایجاد شوند، اصطلاحاً آلل (alleles) یا اللرمرف (allelomorphs) می‌گویند. لوکوس (locous) ژن (موضوع ژن) نیز محل مخصوصی است که هر یک از ژن‌ها بر روی کروموزوم اشغال می‌کنند. در نتیجه، انواع آلل‌های یک ژن، همیشه در محلهای مشابه، روی کروموزومهایی که از نظر ژنتیکی همانند می‌باشند و به آنها هملوگ (homologous) یا همتا می‌گویند قرار دارند.

کروموزومها

۱- تعداد کروموزومها

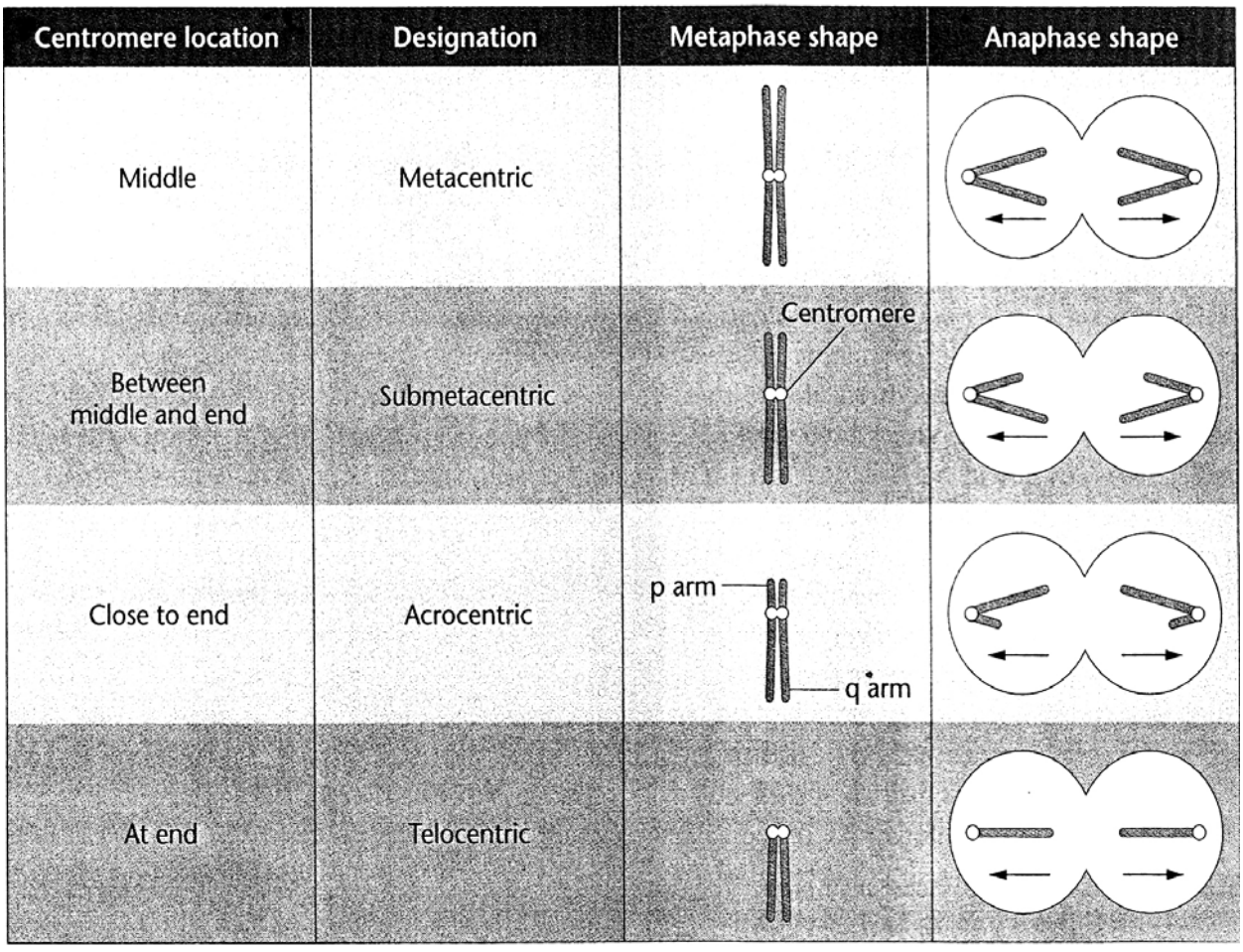
هر کدام از سلولهای پیکری (somatic) (همه سلولها به جز سلولهای جنسی) جانداران عالی، دو مجموعه (set) کروموزوم همتا دارد که یک مجموعه از آنها را از مادر و یک مجموعه دیگر را از پدر به ارث برده است. تعداد کروموزوم‌های این دو مجموعه را عدد دیپلئوئید (diploid) (۲n) می‌نامند. پسوند پلوئید به مجموعه کروموزوم‌ها اشاره دارد و پیشوند آن درجه پلوئیدی را نشان می‌دهد. سلولهای جنسی یا گامت‌ها، هاپلوئید (haploid) (n) بوده و دارای نصف تعداد سلولهای سوماتیک می‌باشند. تعداد کروموزوم‌های هر یک از سلولهای سوماتیک افراد یک گونه برابر است.

۲- ریخت شناسی کروموزومها

کروموزومها در چندین مرحله قابل مطالعه‌اند. مرحله‌ای از سیکل زندگی سلول که کروموزومها به بهترین وجه قابل مشاهده‌اند مرحله متافاز است. معمولاً می‌توان هر یک از کروموزومها را بر اساس چند معیار از کروموزومهای دیگر مشخص

نمود. از جمله این معیارها عبارتند از طول نسبی کروموزومها، محل سانترومر (centromere)، وجود و موقعیت کرومومرها (chromomere) و وجود استطاله‌های انتهایی کروماتینی به نام اقمار (statellites).

کروموزومها بر اساس موقعیت سانترومر به چهار دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول، کروموزومهای متاسانتریک (metacentric) که سانترومرآنها در وسط است. دسته دوم کروموزومهای ساب متاسانتریک (submetacentric) که سانترومرآنها نزدیک وسط کروموزوم است. دسته سوم کروموزومهای اکروسانتریک (acrocentric) که سانترومر آنها نزدیک انتهای کروموزوم است و دسته چهارم کروموزومهای تلوسانتریک (telocentric) که سانترومر آنها در انتهای کروموزوم قرار دارد. گیاهان دارای سانترومر هولوسنتریک هستند یعنی سانترومر در سراسر طول کروموزوم پراکنده است. (شکل ۱-۱)



شکل ۱-۱- موقعیت سانترومر و دسته‌بندی کروموزومها بر اساس محل سانترومر

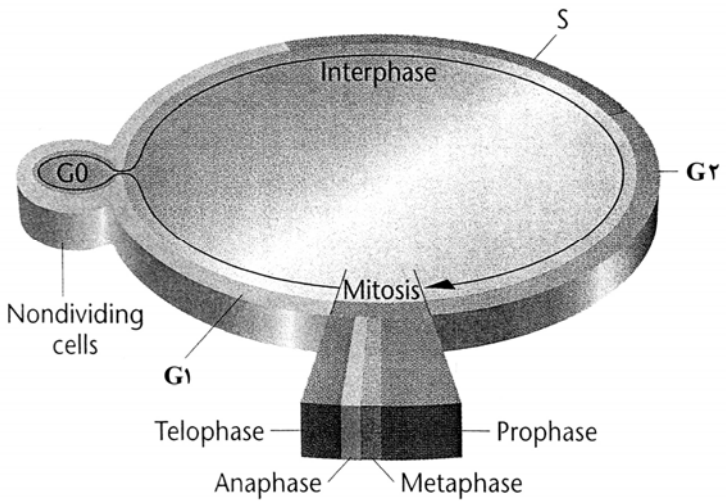
۳- مقایسه کروموزومهای آتوزومی و کروموزومهای جنسی

جنس نر بعضی از گونه‌ها از جمله گونه آدمی، با داشتن یک جفت کروموزوم از نظر شکل نامشابه و هترومورفیک (heteromorphic) هستند و کروموزومهای جنسی نامیده می‌شوند. این جفت کروموزوم را معمولاً با X و Y نشان می‌دهند. عاملهای ژنتیک کروموزوم Y، نرینگی را تعیین می‌کنند. ماده‌های این گونه‌ها، دو کروموزوم جنسی X دارند که شکلشان یکسان است. همه کروموزومها، غیر از کروموزومهای جنسی را، اتوزوم (autosomes) می‌نامند.

تقسیم سلول

۱- اینترفاز

رشد، مستلزم ازیاد توده سلولی، مضاعف شدن ماده ژنتیکی و تقسیم است که در آن تساوی ماده ژنتیکی در سلولهای خواهری تعیین گردد. در ابتدا، یک سلول دیپلوئید (۲n کروموزوم)، مرحله رشد و ازیاد حجم را پشت سر می‌گذارد که این مرحله را G_1 می‌نامند. این مرحله مخصوص رشد سلول و تهیه مواد شیمیایی جهت سنتز DNA می‌باشد و بسته به نوع سلول زمان آن متفاوت است. در مرحله بعدی که (S) نامیده می‌شود مخصوص دوبرابر شدن ماده ژنتیکی و سنتز DNA می‌باشد. ساختارهای مضاعف شده را که از ناحیه سانترومر به همدیگر اتصال دارند، کروماتیدهای خواهری می‌نامند. بعد از تکمیل همانندسازی کروموزوم‌ها، سلول وارد مرحله G_2 می‌شود که تا مرحله شروع میتوز (M) ادامه پیدا می‌کند. در این مرحله مواد لازم برای تقسیم کروموزوم‌ها فراهم می‌گردد. به مجموعه این سه مرحله (G_2,S,G_1) اینترفاز می‌گویند که در آن کروماتین، ماده‌ای که حاوی اطلاعات ژنتیکی است، ناپدید می‌گردد. (شکل ۲-۱)



شکل ۲-۱- نمایش نموداری یک چرخه تولیدمثل سلولی

۲- میتوز

تقسیم سلولی شامل دو فرایند است. ۱) کاریوکینز یا تقسیم هسته (میتوز) ۲) سیتوکینز که در آن سیتوپلاسم و ضمائم آن تقسیم شد. و دو سلول خواهری ایجاد می‌شود. کارکرد تقسیم میتوز این است که از هر کروموزوم، نسخه دقیقی بسازد و سپس هر کدام از مجموعه یکسان کروموزوم‌های حاصل از همانندسازی را به وسیله تقسیم شدن سلول مادر، وارد یکی از دو سلول دختر کند. هر تقسیم میتوز دارای چهار مرحله، پروفاز (prophase)، متافاز (metaphase)، آنافاز (anaphase) و تلوفاز (telophase) می‌باشد.

۱-۲) پروفاز: در پروفاز، کروموزوم‌ها به صورت رشته‌های باریکی قابل رویت می‌گردند. هر کروموزوم در این مرحله شامل دو رشته در مجاور یکدیگر است که به آنها، کروماتید می‌گویند. کروماتیدها در اثر همانندسازی در کروموزومها در مرحله **(S)** اینترفاز حاصل شده‌اند. در این مرحله کروموزوم‌ها فشرده شده و پیچیدگی پیدا می‌کنند. هستک‌ها ناپدید می‌شوند. در اواخر پروفاز غشاء هسته پاره می‌شود و قطعات آن وارد شبکه آندوپلاسمی می‌گردد. البته پروتوزوا و قارچ‌ها استثناء بوده و غشاء هسته در تمام طول تقسیم میتوزی سالم باقی می‌ماند.

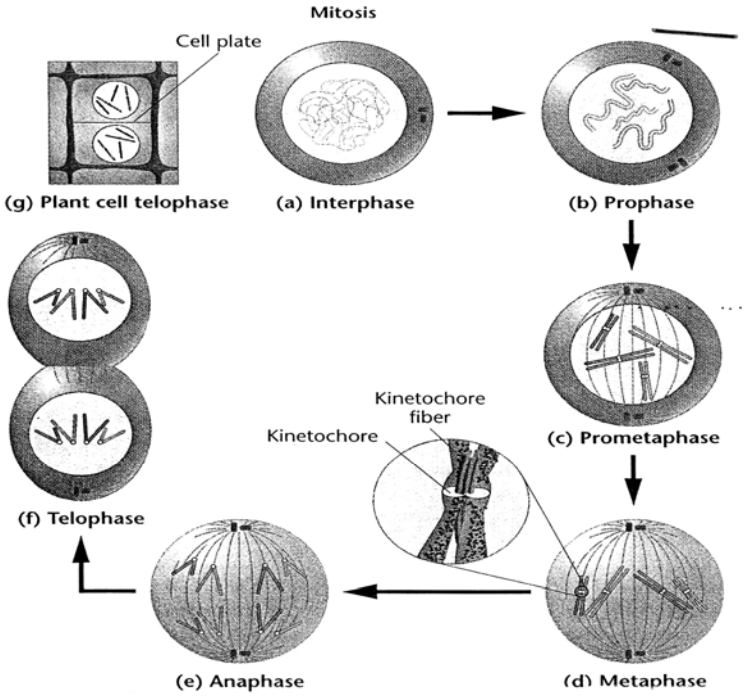
سانتریول‌ها، به دو انتهای متقابل سلول مهاجرت می‌کنند و در آنجا مراکز یا قطب‌های میتوزی را تشکیل می‌دهند که از این مراکز رشته‌های دوک پدید می‌آیند و به سوی سانترومرها امتداد می‌یابند. در بسیاری از گیاهان سانتریولها وجود ندارند ولی رشته‌های دوک ایجاد می‌گردد.

۲-۲) متافاز: کروموزوم‌ها در این مرحله ضخیم‌تر از مراحل دیگر به نظر می‌رسند. غشاء هسته کاملاً شکسته شده و ناپدید می‌گردد. هر کروموزوم از نقطه سانترومر خود به رشته‌های دوک متصل می‌گردد. سپس سانترومرها به مرکز سلول، یعنی محلی که سطح استوایی یا صفحه متافازی **(Metaphase plate)** نامیده می‌شود می‌روند.

۲-۳) آنافاز: کوتاهترین مرحله میتوز، آنافاز است و زمانی شروع می‌شود که سانترومر هر زوج کروماتید تقسیم گردد. در این زمان هر سانترومر با کروماتید مربوط به خود از سانترومر و کروماتید خواهری خود جدا شده و به طرف قطبین حرکت می‌کند. بازوهای هر کروموزوم به دنبال سانترومرش کشیده می‌شوند و به کروموزوم اشکال **V**، **J** یا میله مانندی دهند که به موقعیت سانترومر بستگی دارد.

۲-۴) تلوفاز: تلوفاز زمانی شروع می‌گردد که کروماتیدهای خواهری که اکنون آنها را کروموزوم‌های خواهری می‌نامیم به قطب‌های سلول می‌رسند. سپس پیچش این کروموزوم‌ها به تدریج باز می‌شود و به حالت اینترفاز باز می‌گردند. دوک تحلیل می‌رود، غشای هسته بار دیگر پدید می‌آید و سیتوپلاسم طی فرایندی به نام سیتوکنیز **(cytokinesis)** به دو نیم تقسیم می‌شود. (شکل ۳-۱)

در سلول جانوری، سیتوکینز به وسیله ایجاد شیار شکافنده که رفته رفته عمیقتر می‌گردد رخ می‌دهد. (شکل ۳-۱) اما در سلول گیاهی با ایجاد یک تیغه سلولی از جنس پکتین در مرکز سلول و رشد آن رخ می‌دهد. اندازه سلول‌های دختر ممکن است برابر باشد یا برابر نباشد مدت زمانی را که سلول در یک تقسیم میتوز می‌گذراند، یک دوره M می‌نامند و با مجموع مراحل اینترفاز، چهار مرحله M، G_1، S، G_2 شکل می‌دهند که مجموعاً یک دوره زندگی (چرخه سلولی) سلول پیکری را تشکیل می‌دهند.



شکل ۳-۱- مراحل مختلف تقسیم میتوز

۳- میوز

میوز فرایندی است در تولیدمثل جنسی که تعداد کروموزوم‌ها در آن به نصف کاهش یافته و گامت تولید می‌شود. تولیدمثل جنسی شامل تولید گامتها، گامتوژنز (gametogenesis) و به هم پیوستن آنها و لقاح (fertilization) است.

گامت‌ها، هاپلوئید (n) هستند ولی از سلولهای دیپلوئید ۴۰٪ دودمان زایگر (germ line) منشاء می‌گیرند. در جریان میوز باید تعداد کروموزوم‌های این سلولها به نصف کاهش یابد و این فرایند سیستم کاهشی را میوز می‌نامند. میوز در واقع شامل دو تقسیم است. اولین تقسیم میوز (میوز I) یک تقسیم کاهشی بوده و در آن دو سلول هاپلوئید (n) از یک سلول دیپلوئید (۲n) ایجاد می‌شود. دومین تقسیم میوز (میوز II)، یک تقسیم مساوی است که در جریان آن کروماتیدهای خواهری دو سلول هاپلوئید از هم جدا می‌شوند. مراحل تقسیم میوز به شرح زیر می‌باشد:

۳-۱) لپتون: کروموزوم‌ها در این مرحله به صورت رشته‌های منفرد، بلند و نازک دیده می‌شوند. در این مرحله، ساختمان‌هایی تسبیح مانند به نام کرومومرها (chromomere) در تمام طول کروموزوم‌ها نمایان می‌شود. بعضی از دانشمندان، کرومومرها را جایگاهی ژنی می‌دانند.

۳-۱-۲) زیگوتن: در این هنگام، جفت شدن فعال رشته‌های دوک صورت می‌گیرد و کروموزوم‌های همولوگ همدیگر را جذب کرده و تولید بی‌والانت (Bivalent) می‌نمایند. این دو کروموزوم همولوگ دائماً با هم جفت، یا سیناپس (synapsis) می‌شوند و همانند یک زیپ در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. جفت شدن دو کروموزوم همولوگ در زیگوتن به ترکیب سیناپتونما (cynaptonemal complex) نیازمند است و احتمالاً با لنگر انداختن تلومرها در غشا هسته و نزدیک شدن تلومرهای همولوگ، کروموزوم‌های همولوگ، همدیگر را پیدا می‌کنند.

۳-۱-۳) پاکی‌تن: این مرحله با کوتاه شدن و پیچیدگی کروموزوم‌ها همراه است و هر کروموزوم شامل دو کروماتید خواهری است. این گروه چهار کروماتیدی را تتراد (tetrad) می‌نامند. ساختمان سیناپتونما در بین کروموزوم‌های جفت شده (synapsed) به وسیله میکروسکوپ الکترونی قابل مشاهده می‌شود.

۳-۱-۴) دیپلوتن: کروموزوم‌ها باز هم کوتاهتر و ضخیم‌تر می‌گردد. جفت شدن همولوگ‌ها، سست‌تر شده و در حقیقت آنها، ظاهراً همدیگر را دفع می‌کنند و همانطور که به آرامی از هم جدا می‌شوند ساختمان‌های ضربدری موسوم به کیاسماتا (chiasmata) بین کروماتیدهای غیر خواهری ظاهر می‌گردد.

عموماً هر جفت کروماتید یک یا چند کیاسما دارد. کیاسماها آشکار کننده کراسینگ اور (crossing over) هستند که قبل از این مرحله احتمالاً در زیگوتن یا پاکتین به وقوع پیوسته‌اند. کراسینگ اور وجه تمایز بین میوز و میتوز است و شامل یک شکستگی، تبادل و اتحاد مجدد دقیق بین کروماتید غیر خواهری است.

۵-۱-۳) دیاکینز: در این مرحله ضخیم شدن و پیچیده‌تر شدن کروموزومها اما کروماتیدهای خواهری از طریق کیاسماتا به هم متصل باقی می‌مانند. سپس این کیاسماتاها به طرف انتهای تتراد حرکت می‌کنند که این پدیده را Terminalization می‌گویند. که در دیپلوتن شروع می‌شود و در دیاکینز کامل می‌شود. در انتهای این مرحله، غشاء هسته تجزیه می‌شود و سانترومرهای هر تتراد در رشته‌های دوک متصل می‌شوند. (شکل ۴-۱)

۲-۳) متافاز I: هر جفت کروموزوم همولوگ، مکانی را در سطح استوایی به خود اختصاص می‌دهند. در این مرحله سانترومرها تقسیم نمی‌شوند و این تفاوت میوز با میتوز می‌باشند.

۳-۳) آنافاز I: در این مرحله، کیاسماها که در مراحل قبل در طول کروموزوم حرکت کرده بودند اکنون از انتهای آن خارج می‌شوند و کروموزوم‌های همولوگ از هم جدا می‌شوند. به هر جفت کروماتید که توسط یک سانترومر به هم متصلند دیاد (Dyad) گفته می‌شود.

۴-۳) تلوفاز I: وقوع تلوفاز و اینترفاز بعد از آن که اینترکینز (interkinesis) نام دارد عمومیت ندارد و در بسیاری از موجودات وجود ندارد. اما در بعضی از موجودات، تلوفاز I و اینترفاز کوتاه مدت بوده، کروموزوم‌ها طویل و پراکنده شده و غشاء هسته بازسازی می‌شود. در آخر مرحله میوز I تعداد کل کروموزوم‌ها در هر سلول به نصف کاهش پیدا کرده است. به همین دلیل میوز I به تقسیم کاهشی (reduction division) موسوم است. در مقابل، میوز II همانند یک تقسیم میتوز است، و به آن تقسیم یکسان (equational division) می‌گویند.

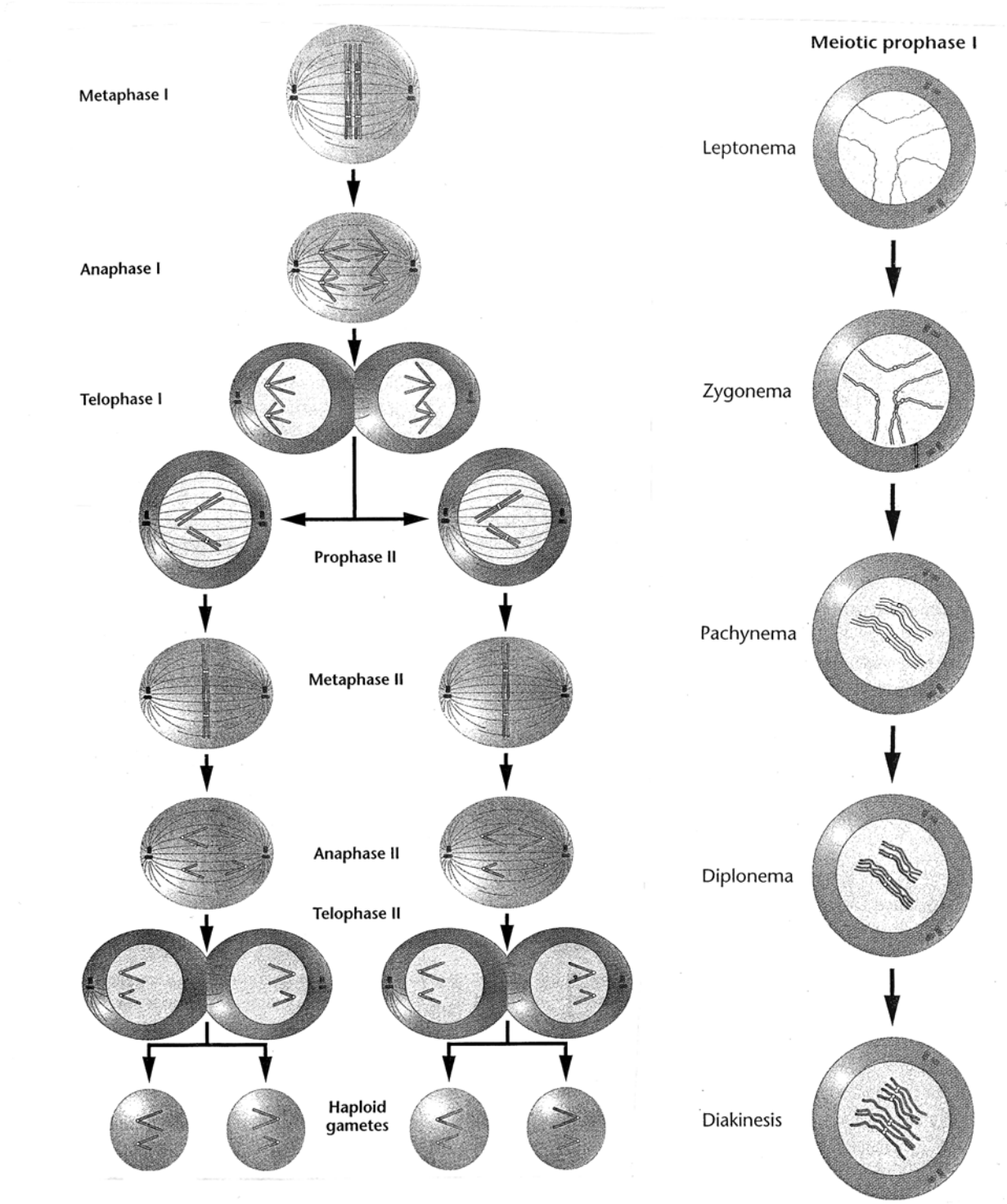
۵-۳) پروفاز II: کروموزوم‌ها به صورت دیاد (دو کروماتید خواهری که توسط یک سانترومر به هم متصل‌اند) وارد مرحله پروفاز میوز II می‌گردند. در این مرحله تعداد کروموزوم‌ها بصورت هاپلوئید می‌باشد.

۶-۳) متافاز II: در طی متافاز میوز II، کروموزوم‌ها در سطح استوایی سلول استقرار می‌باشد و به رشته‌های دوک متصلند. در این مرحله کروماتیدها به جای آنکه همانند میتوز به طور نزدیکی به هم چسبیده باشند، به طور ناقص و جزئی از هم جدا می‌گردند.

۷-۳) آنافاز II: در آنافاز میوز II، سانترومرها تقسیم شده و هر کدام از کروماتیدها یا مونادها (Monad) از جفت خواهری خود جدا شده و به قطب‌های مخالف می‌روند.

۸-۳) تلوفاز II: در این مرحله در هر قطب هسته‌ها در اطراف کروموزوم‌ها بازسازی می‌شوند. سپس سیتوکینز دوم نیز شروع و از هر سلول دیپلوئید اولیه، در نهایت چهار سلول هاپلوئید به وجود می‌آید. (شکل ۵-۱)

از ترکیب مجدد سلول‌های جنسی نر هاپلوئید و ماده هاپلوئید مجدداً سلول تخم دیپلوئید (۲n) ایجاد می‌گردد و باعث ثبات تعداد کروموزوم‌ها در طول نسل‌ها می‌گردد. میوز هم چنین باعث تفکیک مستقل جفت کروموزوم‌های همولوگ و ترکیبات جدید ناشی از کراسینگ اور می‌گردد.



شکل ۴-۱- نمایش مراحل مختلف پروفاز میوز I

شکل ۵-۱- نمایش رخدادهای اصلی در تقسیم میوز که با متا فاز I شروع می‌شود.

گامتوژنز

معمولاً فرآورده‌های نهایی میوز در مرحله اول به صورت گامت یا هاگ کاملاً رسیده نیستند. عموماً به دنبال میوز یک دوره رسیدگی (maturation) طی می‌شود. تمامی فرایندهای تولید گامت یا هاگ رسیده که تقسیم میوز مهمترین بخش آن است، گامتوژنز (Gametogenesis) می‌گویند.

۱) گامتوژنز در جانوران (پستانداران)

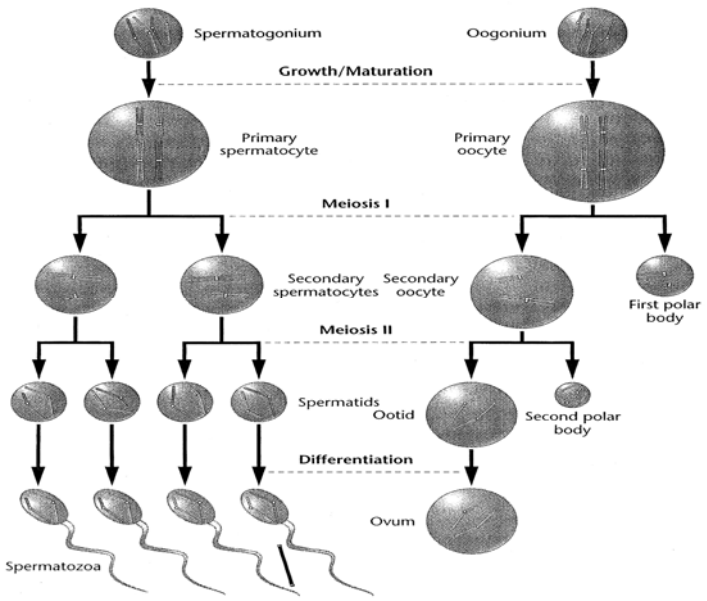
گامتوژنز جانور نر را اسپرماتوژنز (spermatogenesis) می‌گویند. (شکل ۶-۱)

در پستانداران فرایند اسپرماتوژنز در اپیتلیوم زایگر (germinal epithelium) لوله‌های منی‌ساز بیضه‌ها و از سلولهای بنیادی دیپلوئید آغاز می‌شود. با تقسیمات میتوزی ابتدائاً اسپرماتوگونی (spermatognie) و سپس اسپرماسیت اولیه که قدرت تقسیم میوز دارد تمایز یابد.

تقسیم اول میوز (میوز I) در اسپرماتوسیت اولیه رخ داده را اسپرماتوسیت ثانویه هاپلوئید ایجاد می‌شود. در نتیجه میوز II، چهار سلول هاپلوئید اسپرماتید (spermatid) از اسپرماتوسیت ثانویه ایجاد می‌شود. در طی رسیدگی این اسپرماتید دارای دم شده و به یک سلول اسپرم یا اسپرماتوزوئید تبدیل می‌شود.

گامتوژنز در جانوران ماده را ائوژنز (oogenesis) می‌گویند. (شکل۶-۱)

ائوژنز در پستانداران در اپیتلیوم زایگر غده‌های تناسلی ماده (تخمدانها) و از سلول دیپلوئید ائوگونی منشا می‌گیرد. در نتیجه اندوختن مقدار زیادی سیتوپلاسم با زرده، یک سلول ائووگونی به ائووسیت اول (primacy oocyte) دیپلوئید و دارای قابلیت تقسیم میوز تبدیل می‌شود. با نخستین تقسیم میوز (میوز I) و سیتوکینز نامساوی، یک سلول بزرگتر به نام ائوسیت دوم (secondary oocyte) و سلول کوچکتر نخستین جسم قطبی (polar body) است با وقوع میوز II و سیتوکینز نامساوی در ائووسیت دوم یک ائوتید (ootid) بزرگ زرده دار و دومین جسم قطبی ایجاد می‌شود. ائوتید بر اثر نمود کردن به گامت ماده رسیده که آن را اووم (ovum) یا تخمک (egg cell) می‌نامند، تبدیل می‌شود. (شکل ۶-۱) به اتحاد گامت‌های نر و ماده (اسپرم و تخمک)، لقاح می‌گویند.



شکل ۶-۱- اسپرماتوژنز و اووژنز در سلولهای حیوانات